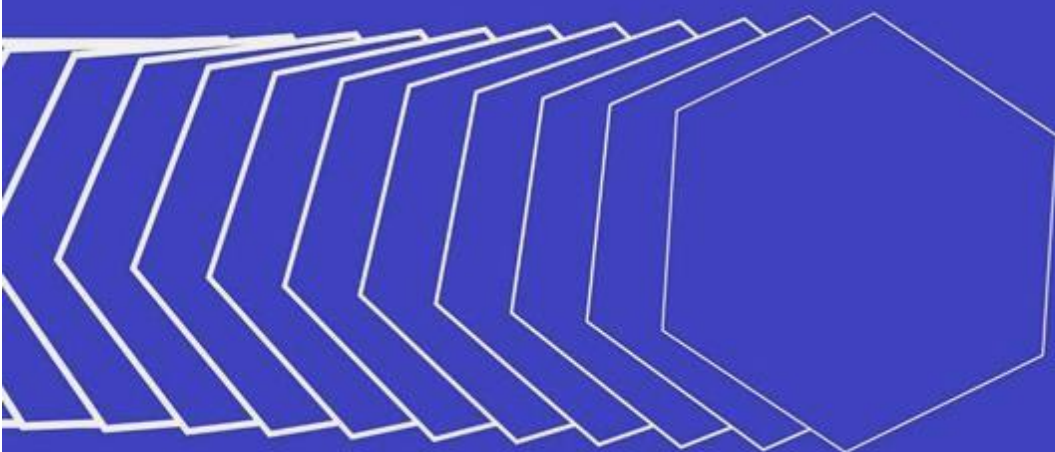




**ФГБОУ ДО
ФЦДО**

**Методическая разработка
программного модуля**

«КОСМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ЛЕСОВ»



**Направление:
Геотехнологии**

Авторы: Иванов Д., Курышев А.,
педагоги дополнительного образования
технической направленности

**2024,
Москва**

СОДЕРЖАНИЕ МОДУЛЯ

Решая задачу, обозначенную в кейсе, обучающиеся знакомятся с последовательностью получения исходных данных и возможностям мультиспектральной съемки при дистанционном зондировании участков лесных массивов. Приобретают базовые навыки по работе с векторными и мультиспектральными данными в рамках ГИС QGIS, учатся классифицировать мультиспектральные изображения.

Описание реальной ситуации:

Вариант 1. К нам в технопарк обратились из управления лесного хозяйства нашей области и просят помочь в проведении мониторинга лесного покрова. Особое внимание просят обратить на ежегодные вырубки и оценить их площади. Подумайте, как геоинформационных технологии могут помочь в данной ситуации?

Вариант 2. Активисты общества «Защитим родной лес» показали в сети спутниковые снимки вырубки леса за 10-15 лет. Они утверждают, что вырубка леса значительно превосходит возможности его восстановления. Используя геоинформационные технологии, помогите им построить карты вырубок и измерить их площади для обращения в управление лесного хозяйства.

Вопросы для обучающихся на этапе погружения в проблемную ситуацию:

1. Кто имеет право производить вырубку леса?
2. Какие объемы леса можно вырубать для личного использования?
3. Какие объемы леса вырубались в России ежегодно?
4. Какие технологии позволяют нам исследовать лесной покров?
5. Как геоинформационные технологии могут нам помочь?

Место модуля в структуре программы:

Данный модуль реализуется в рамках Инженерных каникул для обучающихся различных направлений, а также может быть использован в дополнительных общеобразовательных программах по направлению «Геокивентум». Рекомендуется включение в программу после модуля Космическая съемка «Что я вижу на снимке из космоса?».

Методы работы с модулем: практическая работа с элементами проектной деятельности

Минимальный необходимый уровень входных компетенций:

Углубленный, требуются знания принципов получения и дешифрирования материалов дистанционного зондирования Земли; базовые навыки работы с растровыми и векторными слоями в ГИС.

Предполагаемые образовательные результаты учащихся

Артефакты: набор цифровых карт, на которых показаны изменения лесного покрова и определена площадь этих изменений.

Формируемые навыки:

1) Hard skills:

- уметь находить и загружать материалы дистанционного зондирования Земли по заданным критериям,
- уметь собирать и классифицировать многоканальные растровые изображения,
- уметь использовать технологию Change Detection для сравнения разновременных космических снимков,
- уметь проводить векторизацию классифицированных растровых изображений.

2) Soft skills

- пространственное мышление,
- навыки командной работы,
- структурное, креативное и логическое мышление,
- навыки поиска и анализа информации,
- нацеленность на результат,
- навыки по выработке и принятию решений,
- навыки публичных выступлений.

Количество учебных часов: от 6 до 12 часов

Целевая аудитория: школьники от 14 до 17 лет, знакомые с основами работы с пространственными данными.

В настоящее время наблюдается значительное увеличение количества информации, получаемой со спутниковых систем. Совершенствуются методы обработки материалов дистанционного зондирования. Данные материалы позволяют объективно оценить состояние лесных массивов на больших территориях, что делает их одним из основных источников информации при проведении мониторинга.

Отличительными особенностями модуля является использование материалов спутниковой съемки для оценки динамических изменений природных объектов на поверхности Земли.

Цель и задачи модуля

Цель: Развитие исследовательских компетенций при работе с данными дистанционного зондирования Земли и геоинформационными технологиями.

Задачи:

- познакомить с возможностями применения мультиспектральной съемки при дистанционном зондировании Земли;
- развить навыки получения и обработки мультиспектральных изображений лесных массивов;
- научить оценивать пространственно-временные изменения лесных массивов по данным дистанционного зондирования Земли.

УЧЕБНЫЙ ПЛАН

№ п/п	Тема занятия	Формы работы	Количество акад. часов		
			Всего	Теория	Практика
1.	Типы многоканальных данных дистанционного зондирования Земли и их структура	интерактивная лекция	2	1	1
2.	Работа с репозиторием открытых данных ДЗЗ	практическая работа в малых группах	2	0	2
3.	Сборка и предварительная обработка многоканального раstra	практическая работа в малых группах	2	1	1
4.	Использование технологии Change Detection	практическая работа в малых группах	2	0	2
5.	Оценка площади изменений лесного покрова	практическая работа в малых группах	2	0	2
6.	Презентация результатов работы	публичное выступление	2	0	2
	Итого		12	2	10

Занятие 1. Типы многоканальных данных дистанционного зондирования Земли и их структура

Цель: Показать области применения многоканальных данных дистанционного зондирования Земли; продемонстрировать принципы формирования их структуры и основные характеристики.

Что делаем:

- говорим о типах многоканальных данных и их структуре;
- обсуждаем основные характеристики (свойства и количество каналов, разрешение, разновидности спутниковых систем);
- обсуждаем направления использования материалов космической съемки.

Компетенции: знание типов, характеристик и целей использования материалов КС при ДЗ.

Количество часов: 1-2 часа

Занятие 2. Работа с репозиторием открытых данных ДЗЗ

Цель: продемонстрировать возможности поиска и загрузки данных ДЗЗ по определенным критериям. Подбор разновременных данных для сравнительного анализа.

Что делаем:

- говорим о репозиториях открытых данных ДЗЗ;
- тестируем возможности поиска и загрузки снимков в рамках выбранного временного диапазона (летний период);

- выбираем и сохраняем данные для анализа.

Компетенции: умение работать с репозиторием открытых данных дистанционного зондирования Земли.

Количество часов: 1-2 часа

Занятие 3. Сборка и предварительная обработка многоканального растра

Цель: продемонстрировать принципы сборки и подготовки многоканальных растров для анализа. Примеры комбинаций каналов.

Что делаем:

- говорим о интерпретации комбинации каналов Landsat;
- проводим сборку многоканального растра;
- создаем маску для обрезки;
- проводим корегистрацию и обрезку анализируемых снимков;
- обсуждаем результаты.

Компетенции: умение работать с многоканальными растрами в ГИС QGIS.

Количество часов: 1-2 часа

Занятие 4. Использование технологии Change Detection

Цель: показать области применения технологии Change Detection, примеры разновременных снимков с изменениями лесного покрова. Продemonстрировать принципы работы модуля PCA для QGIS в рамках решаемых задач.

Что делаем:

- говорим об использовании технологии Change Detection по сравнению разновременных космических снимков;
- проводим сравнение космоснимков с помощью технологии Change Detection;
- обсуждаем результаты и, при необходимости, вносим коррективы.

Компетенции: навыки по сравнению разновременных космических снимков.

Количество часов: 1-2 часа

Занятие 5. Оценка площади изменений лесного покрова

Цель: продемонстрировать возможности по обработке результатов выявленных изменений лесного покрова путем генерализации и векторизации растров

Что делаем:

- говорим о принципах генерализации растров и их экспорте в векторные форматы;
- проводим постобработку по генерализации растров, полученных по технологии Change Detection и их векторизацию;
- рассчитываем и сравниваем изменения площадей. Компетенции: умение проводить генерализацию и векторизацию растровых изображений растровых изображений, работать с атрибутами векторных объектов.

Количество часов: 1-2 часа

Занятие 6. Презентация результатов работы

Цель: подготовить и провести публичные выступления по результатам работы

Что делаем:

- говорим о требованиях к презентации результатов работы;
- составляем презентацию по кейсу;
- проводим публичные выступления.

Компетенции: умение публичных выступлений.

Количество часов: 1-2 часа

НЕОБХОДИМЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

- Компьютер
- Интернет доступ
- Материалы космической съемки
- QGIS, ArcGIS или аналогичный сервис
- Распечатанные космические снимки (примеры)

КАДРОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Педагог дополнительного образования по направлению «Геокивантум»
Компетенции и уровень:

- знания принципов получения и дешифрирования материалов дистанционного зондирования Земли;
- базовые навыки работы с растровыми и векторными слоями в QGIS;
- знание основ организации проектной деятельности.

ФОРМЫ АТТЕСТАЦИИ/КОНТРОЛЯ

Презентация и защита, проделанной работы, публикация полученного результата в Web. Критериальное оценивание продуктов проектной деятельности, само и взаимо-оценка учащихся.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Критерии оценки результата	
Базовый уровень	Продвинутый уровень
1) Уметь находить и загружать мультиспектральные данные для своего региона. 2) Проводить сборку и обрезку по маске мультиспектральных изображений (не менее 2-х). 3) Проводить оценку измерений Change Detection во временном ряду из 2-х изображений.	1) Уметь находить и загружать мультиспектральные данные для своего региона. 2) Проводить сборку и обрезку по маске мультиспектральных изображений, корегистрацию (не менее 3-х во временном ряду). 3) Проводить оценку измерений Change Detection во временном ряду не менее чем из 3-х изображений. 4) Векторизация участков изменений и расчеты их геометрических характеристик.

Уметь презентовать результаты работы
<ul style="list-style-type: none"> - связность, логичность речи; - соблюдение рамок регламента 4-9 мин; - умение отвечать на вопросы; - читабельный шрифт и уместные картинки приемлемого качества; - лаконичный понятный дизайн слайдов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Для педагога

1. Новые технологии дистанционного зондирования Земли из космоса : практическое пособие : [16+] / В. В. Груздов, Ю. В. Колковский, А. В. Криштопов, А. И. Кудря. – Москва : Техносфера, 2019. – 482 с. : ил., схем., табл. – (Мир наук о Земле). – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=597084> (дата обращения: 11.04.2024).
2. «Геознание» - информационно-консультационная среда URL: <https://geoknowledge.ru>
3. Виды современных ДЗЗ URL: <http://learn.arcgis.com/ru/arcgis-imagery-book>
4. Отслеживайте изменения леса с течением времени URL: <https://learn.arcgis.com/ru/projects/monitor-forest-change-over-time/>
5. Интерпретация комбинаций каналов данных Landsat TM / ETM+ URL: <https://gis-lab.info/qa/landsat-bandcomb.html>
6. Пользовательское руководство данных Landsat 8 (англ) URL: <https://spationetblog.files.wordpress.com/2015/06/landsat8datausershandbook.pdf>
7. Пользовательское руководство плагина полуавтоматической классификации (англ) URL: <https://semiautomaticclassificationmanual.readthedocs.io/en/latest/>
8. О современных онлайн коллекциях спутниковых изображений (англ) URL: <https://e-sensing.github.io/sitsbook/earth-observation-data-cubes.html#ard-image-collections-handled-by-sits>

Для обучающихся

1. Начало работы со спутниковыми изображениями URL: <https://learn.arcgis.com/ru/projects/get-started-with-imagery/>
2. Landsat-8 Википедия URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Landsat-8>
3. Диапазоны Landsat 8 URL: <https://habr.com/ru/articles/183416/>
4. <https://earthengine.google.com/timelapse/>
5. https://kpfu.ru/staff_files/F781702253/Osnovy_raboty_v_QGIS.pdf

ПРИЛОЖЕНИЯ

Принятые сокращения

HLS (HTTP Live Streaming) — коммуникационный протокол для потоковой передачи медиа на основе HTTP, разработанный компанией Apple (загрузка ДДЗ)

VNIR (Visible Near InfraRed) – видимый и ближний инфракрасный спектр (L8, band 1-5, 30 м)

NIR (Near InfraRed) – ближний инфракрасный спектр (L8, band 5, 30 м)

SWIR (ShortWave InfraRed) – коротковолновый инфракрасный спектр (L8, band 6, 7, 30 м)

PAN (PANchromatic band) – панхроматический канал (L8, band 8, 15 м)

OLI (Operational Land Imager) – прибор дистанционного зондирования на борту Landsat 8

TIRS (Thermal InfraRed Sensor) – прибор инфракрасного/теплового диапазона (L8, band 10, 11, 100 м)

SCP (Semi-Automatic Classification Plugin) – плагин полуавтоматической классификации ДЗЗ

PCA (Principal component analysis) (МГК – метод главных компонент)

USGS (United States Geological Survey) – Геологическая служба США

QGIS (Quantum GIS) – свободная кроссплатформенная геоинформационная система

ДДЗ данные дистанционного зондирования

Термины и понятия:

Дистанционное зондирование – это метод получения информации об отдаленных объектах без прямого контакта с ними. Бесконтактная передача информации возможна благодаря естественно существующим или искусственно генерируемым силовым полям, которые распространяются между приемником излучений (чувствительным сенсором) и изучаемым объектом (целью);

Дешифрирование объектов – процесс распознавания объектов, их свойств и взаимосвязей по их изображениям на снимке;

Мультиспектральная съемка – осуществляется с помощью мультиспектральной камеры. При такой съемке формируются одновременно несколько изображений одной и той же территории в различных зонах спектра электромагнитного излучения. Различные комбинации этих изображений позволяют выявить процессы и явления, которые сложно или невозможно определить на снимке в видимом диапазоне;

Разрешение КС (спектральное, радиометрическое, пространственное, временное) – количественные показатели, характеризующие изобразительное качество снимков, их детальность. Разрешение определяет возможности использования снимков для

решения определенного круга задач. В аэрокосмическом зондировании наибольшее распространение получили два показателя: разрешающая способность и пространственное разрешение.

Растровые данные - сетка пикселей одинакового размера. Растровые данные могут быть получены различными путями. Два наиболее распространенных — аэрофотосъемка и спутниковые снимки. Размер пикселя определяет пространственное разрешение раstra;

Векторные данные - фиксируют местоположение и форму объектов в виде геометрических примитивов, таких как точки, линии, полигоны, объемные тела;

Технология Change Detection – набор различных алгоритмов для анализа изменения пространственных объектов во времени на основе данных космической съемки.

Руководство наставника

Расширенный абстракт:

Научные исследования показывают, что в мире примерно половина тропических лесов вырублена незаконно. Как минимум, после окончания работ не были посажены новые деревья. Речь идет приблизительно о 7-8 млн га леса, а это существенные потери для окружающей среды.

Тем не менее, заготовка деревьев не является преступным деянием. Политика сохранения окружающей среды требует, чтобы при вырубке деревьев их заменяли новыми насаждениями.

При нынешних темпах хозяйственной деятельности тропические леса в мире могут полностью исчезнуть к началу XXI века.

Обучающимся предлагается изучить лесные массивы собственного региона и постараться обнаружить вырубку с помощью геоинформационных технологий.

Ключевые понятия:

Дистанционное зондирование.
Дешифрирование объектов
Открытые данные
Растровые данные.
Мультиспектральная съемка.
Временные изменения.

Демонстрации (погружение в проблему)

- Кто хоть раз смотрел на космосники с лесным покровом;
- Включите серию карт наземных экосистем России от Института космических исследований Российской академии наук, созданную по данным спутниковых наблюдений

(<http://carbon.cepl.rssi.ru/maps/?ysclid=lp1iiv7xzt655217145>);

- Спросите у обучающихся, что они видят;
- Вопрос, что нужно, чтобы исследовать лесной массив?
- Попросите найти отличия в тех или иных видах космической съемки;

- Попросите самих определить пространственное разрешение нескольких снимков;
- Спросите, какие задачи может решать космическая съемка.

Цель проекта: - составить цифровую карту изменения лесного покрова для вашего региона.

Оборудование и материалы:

- Компьютер
- Интернет
- Материалы космической съемки
- Тематические карты поверхности планеты Венера с названиями объектов;
- QGIS (модули Qgis2threejs, Profile tool), ArcGIS Online или аналогичный сервис (Для какой цели он применяется в этом кейсе?)
- Программа захвата экранного видео oCam Screen Recorder или аналог
- Распечатанные космические снимки (примеры)

Шаги:

1. Покажите [видео](#)
2. Изучите типы многоканальных данных, их структуру, и характеристики (количество каналов, разрешение, спутниковые системы)
3. Выберите наиболее благоприятный период для оценки лесного покрова и скачайте сцены из репозитория открытых данных ДЗЗ на территорию вашего региона.
4. Проведите сборку и обрезку многоканального растрового изображения на выбранные моменты времени.
5. Используя технологию Change Detection оцените изменения на разновременных изображениях.
6. Используя инструменты ГИС (QGIS) определите площади изменений лесного покрова во времени.

Советы:

- Объяснить важность аккуратной работы при определении границ лесного массива и вырубки;
- Попросите учеников описать критерии поиска космоснимков.

Вопросы для обсуждения:

1. Объясните понятие Дистанционное зондирование (ДЗ).
2. Какие существуют виды космической съемки?
3. Характеристики данных ДЗ.
4. Принцип получения мультиспектральных данных?
5. Особенности и преимущества мультиспектральных данных в сравнении с радиолокационными материалами ДЗ?
6. Какие направления в использовании космической съемки вы считаете важными для человечества?

Руководство для обучающегося

Цель: - составить цифровую карту изменения лесного покрова для вашего региона.

Старт

Суть проекта, заключается в том, что Вам необходимо определить, как с помощью геоинформационных технологий оценить изменения лесного покрова. Основными данными для данного исследования будут мультиспектральные данные космического агентства NASA.

Сначала необходимо понять, что же такое космическая съемка?

Для этого Вам нужно изучить несколько ключевых понятий, найдя ответы на вопросы:

- Что нужно, для изучения Земли на расстоянии?
- Как вы сами можете разделить виды космической съемки?
- Как и что видит человеческий глаз на снимке?
- Предположить по каким признакам можно отличать один объект от других.

Задания:

- Какие преимущества есть у космической съемки?
- Какие преимущества оптико-электронной съемки перед радарной?
- Рассмотрите на снимке примеры таких объектов как лесной массив, поле, речная долина, русло реки, населенный пункт и определите их особенности.
- Как данные нужны для оценки изменений лесного покрова?
- Для чего нужны и как можно использовать разные комбинации каналов при создании мультиспектрального изображения?
- Какие комбинации каналов спутника Landsat-8 используются для изучения растительного покрова?

Планирование:

Чтобы спланировать работу, ответьте на вопросы:

1. Какие данные нужны, чтобы оценить изменения лесного массива?
2. Какой минимальный набор данных нужен?
3. Как на основе выявленных изменений рассчитать их площадь?

Материалы:

- Компьютер
- Интернет
- Материалы космической съемки
- Тематические карты поверхности планеты Венера с названиями объектов;
- программное обеспечение QGIS (модули QuickMapServices, Semi-Automatic Classification Plugin, Coregistration, PCA4CD - PCA for change detection, MapSwipe Tool), ArcGIS Online или аналогичный сервис
- Космические снимки (примеры)

Советы для создания и тестирования вашего проекта:

1. Подумайте, какие условия нужно учитывать при поиске мультиспектральных изображений для района исследований;
2. Что такое точность данных космической съемки и как ее оценить?
3. Какие геоинформационные инструменты Вам понадобятся для выполнения этой работы?
4. Каких данных Вам не хватает?
5. Как можно автоматизировать процесс?

Доработка проекта:

1. Найдите в интернете информацию о том, на что влияют вырубки лесных массивов. Какие данные вы не учли при планировании собственного проекта?

Обсуждение:

- Что Вы узнали, работая над проектом?
- Всегда ли можно доверять материалам космической съемки?
- Какие ограничения накладывают на работу используемые данные?
- Какие данные можно ещё добавить в Ваш проект?
- Так ли важна детальность космического снимка?
- Каких навыков и программных функций Вам не хватило во время Вашей работы?

Что если:

- Изменить проекцию?
- Добавить к сравнению архивные данные?
- Взять обычный графический редактор?
- Применить данную технологию для изучения временного изменения объектов другого типа (водных, сельскохозяйственных, техногенных)?

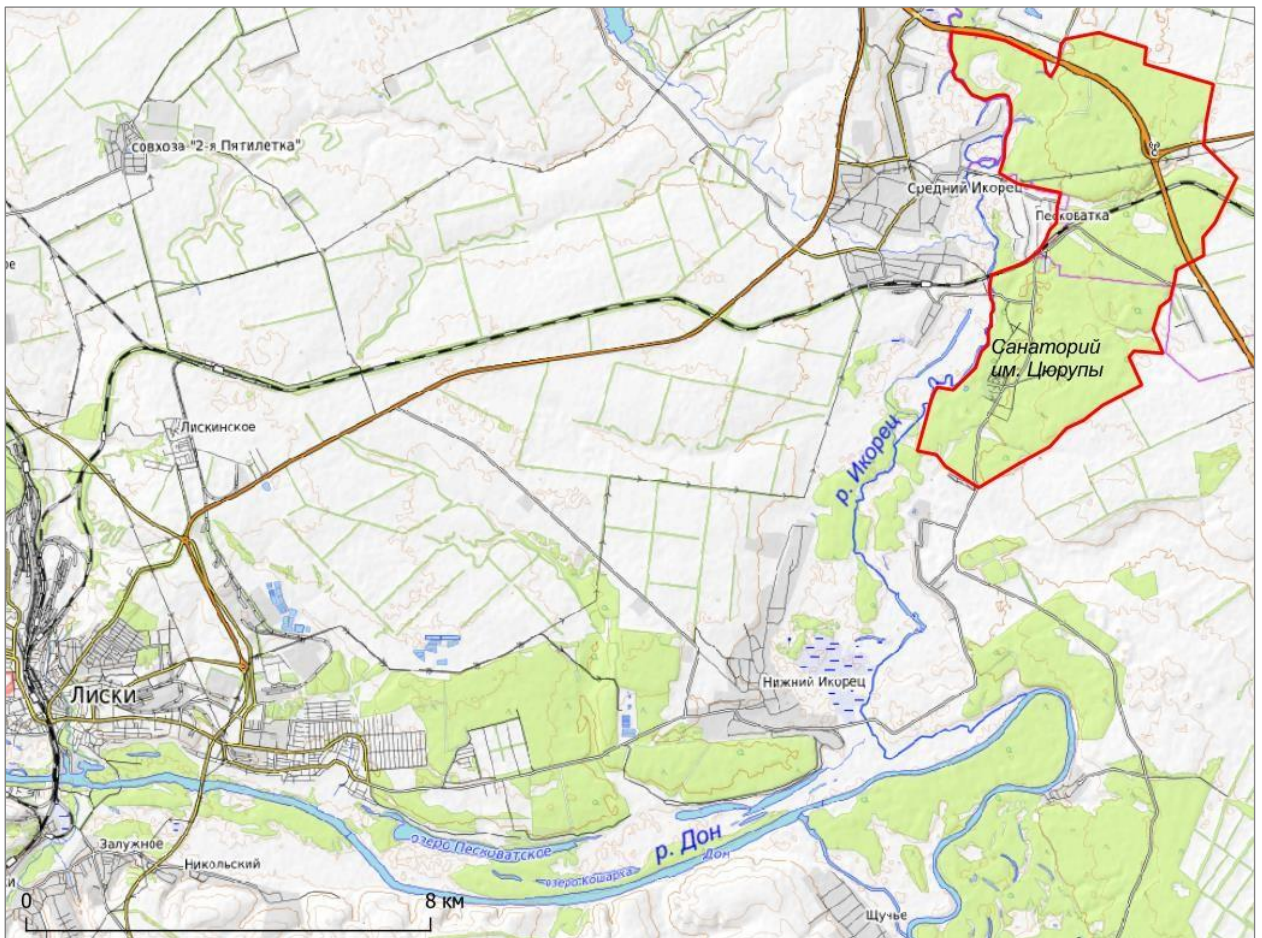
Технический кейс

«Космический мониторинг состояния лесного покрова»

Цель кейса: составить цифровую карту изменения лесного покрова для вашего региона.

Содержание кейса: необходимо определить, как с помощью геоинформационных технологий оценить изменения лесного покрова. Основными данными для данного исследования будут мультиспектральные данные Landsat-8 космического агентства NASA.

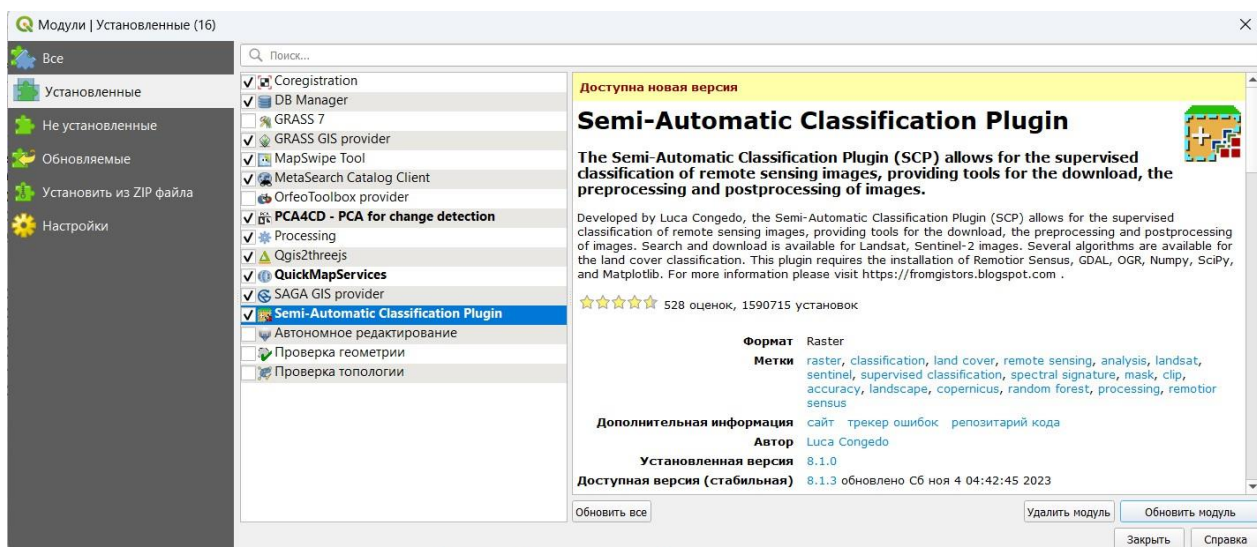
В качестве примера выбран лесной массив в Лискинском районе Воронежской области в пределах которого расположен санаторий им. Цюрупы – многопрофильное круглогодичное лечебное учреждение высшей категории. Вдоль северо-западной границы лесного массива протекает р. Игорец – левый приток р. Дон. Лесной массив имеет площадь около 2900 га, содержит редкие породы деревьев и кустарников, немало способствуя оздоровлению отдыхающих. Контроль состояния данного лесного массива имеет особое значение.



Для обработки космических снимков используется среда **QGIS 3.22 или выше** с модулями **QuickMapServices, Semi-Automatic Classification Plugin, Coregistration, PCA4CD - PCA for change detection, MapSwipe Tool.**

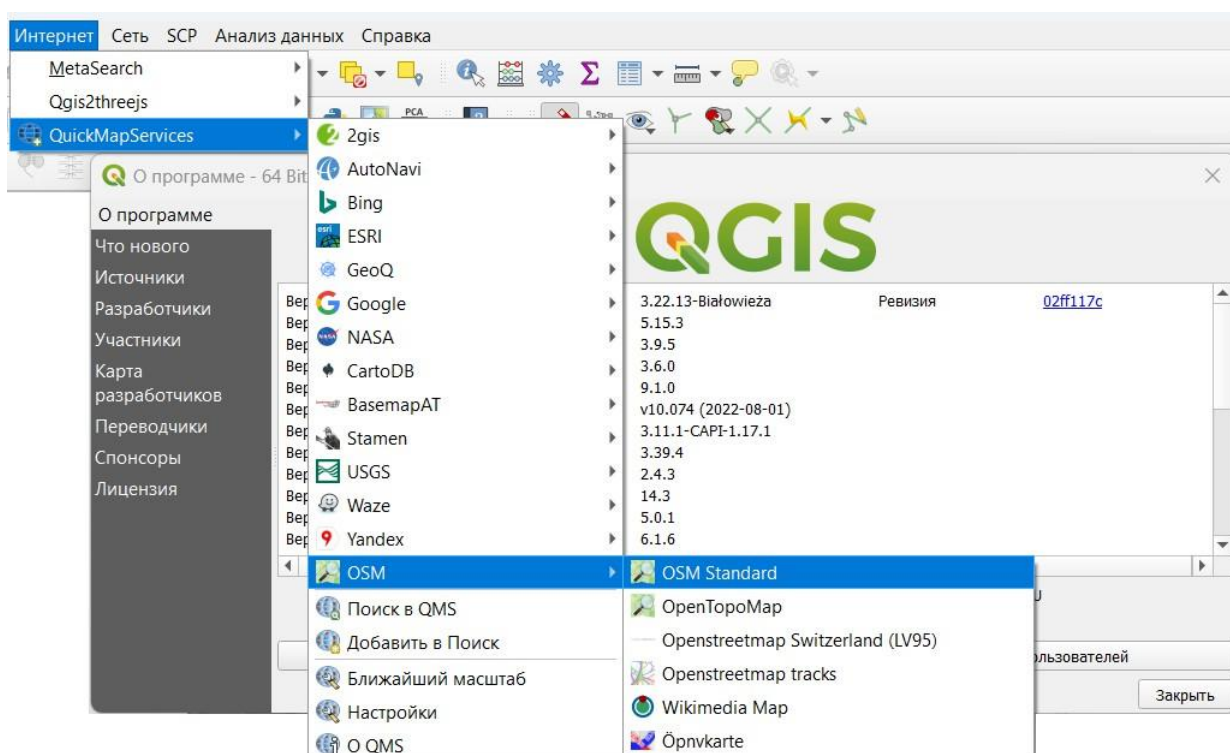
Название модуля	Задачи применения модуля в кейсе
 QuickMapServices: Модуль по установке списка геосервисов по поиску наборов данных и базовых карт	Открытие базовой карты-подложки с целью пространственной ориентировки на местности
 Semi-Automatic Classification Plugin: модуль полуавтоматической классификации (SCP) обеспечивает контролируемую классификацию изображений дистанционного зондирования, предоставляя инструменты для загрузки, предварительной обработки и постобработки изображений.	 Download product Поиск и загрузка ДДЗ <input checked="" type="checkbox"/> Create raster of (stack bands) создание многоканальных изображений  Clip raster bands обрезка данных по маске  Sieve генерализация растров  Classification to vector Экспорт результата классификации в векторный формат
 Coregistration: Модуль автоматической корегистрации изображений	Корегистрация (геометрическое выравнивание) пары разновременных космоснимков
 PCA4CD - PCA for change detection: Модуль для обнаружения изменений между парой космоснимков с использованием метода главных компонент.	Обнаружение изменений между парой космоснимков. Генерация контура изменений в виде полигонального объекта.
 MapSwipe Tool: Модуль «Шторка»	Использование шторки для сдвига границы области видимости верхнего изображения при сравнении перекрывающихся растров

Установка дополнительных модулей осуществляется стандартным способом через пункт меню **Модули – Управление и установка модулей...** Таким же образом возможно обновление модулей при появлении их новых версий. Для модуля **SCP** обновление версии является обязательным, т.к. это обеспечивает доступ к актуальным репозиториям спутниковых данных.



Окно для установки модулей. В верхней части присутствует сообщение о доступности новой версии.

Для удобства работы и выбора объекта изучения, рекомендуется предварительно подключить картографическую основу, например, **OSM Standard**. На ее основе создается или добавляется полигональный векторный слой, ограничивающий область интереса. Для данного слоя рекомендуется определить стиль отображения - граница без заливки.



Подключение картографической основы OSM Standard

Загрузка космических снимков осуществляется с помощью модуля **SCP – Download products**.

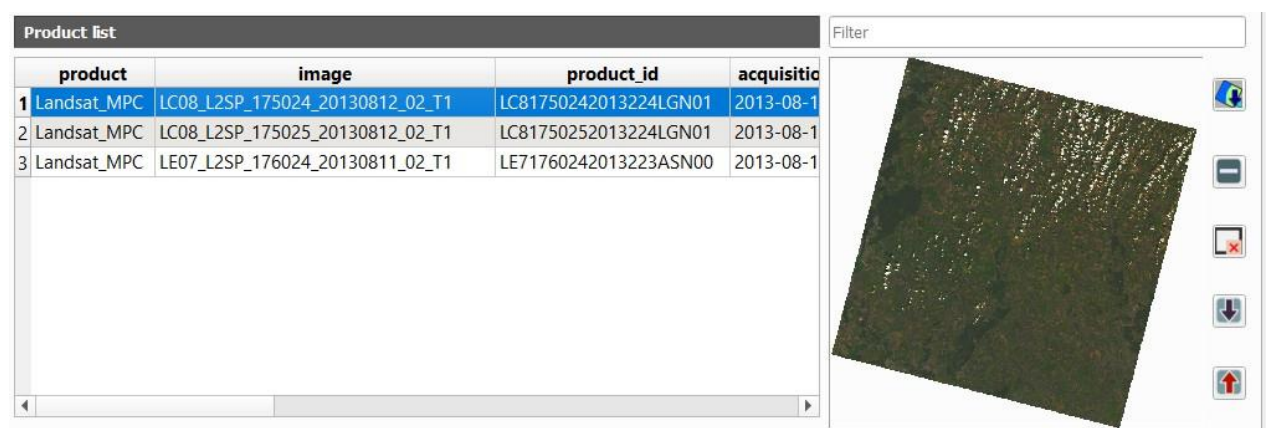
Далее необходимо указать **тип спутниковой системы**, интересующий временной диапазон **даты** съемки и **процент облачности**.

В качестве типа спутниковой системы (Products) выберите Landsat_MPC (Microsoft Planetary Computer) - открытые наборы данных систем Sentinel-2/2A и Landsat-4/5/7/8/9. При загрузке сцены Landsat-8, выберите каналы (Bands) 1-7 – это диапазоны видимого, ближнего и коротковолнового инфракрасного спектра (VNIR, NIR, SWIR).

После задания параметров, для поиска данных выполняется команда



В результате поиска, в окне **Product list** отражается список найденных сцен. При наличии файла предпросмотра, он отображается в правой части окна, что позволяет увидеть наличие или отсутствия перекрывающей облачности над интересующей нас областью сцены.

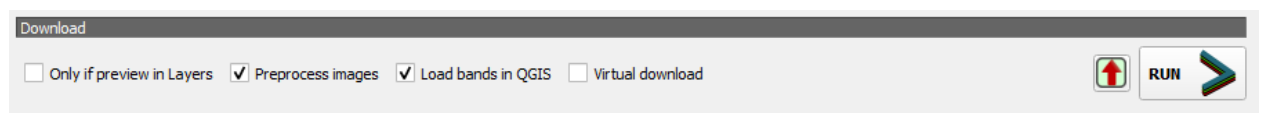


Окно модуля SCP – Product list

**Примечание: если поиск по указанным параметрам не дал результатов, используйте загрузку напрямую с сайта <https://earthexplorer.usgs.gov/>*

Для анализа будем использовать сцену **LC08_L1TP_175024_20130812...**, поэтому первую (остальные) строки в списке удаляем (?).

Примечание. Рекомендуется перед началом поиска снять галочки **Only if preview in Layers** и **Virtual download**.



Для начала загрузки выбранной сцены выполняем команду и указываем папку для сохранения файлов.

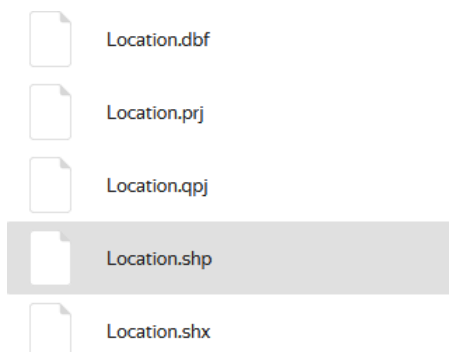


Аналогичным образом необходимо **найти и загрузить** следующую сцену: **LC08_L1TP_176024_20230831**

Загрузка с сайта USGS* и создание мультиспектральных изображений

1) Необходимо пройти регистрацию на портале USGS и перейти к приложению [EarthExplorer](#).

2) Загрузить в EarthExplorer снимки из области интереса, используя полигональные слои. Для этого необходимо сохранить векторный слой *location* и упаковать в zip.архив. Находим слой в файле проекта и файлы, относящиеся к *location*, переносим в новую сжатую zip.папку с одноименным названием



3) В приложении EarthExplorer во вкладке **KML/Shapefile Upload** переключаемся на **Shapefile** и выбираем необходимый архив (*location*).

4) Выбор даты снимков.

Во вкладке *Date Range* выбрать даты снимков в формате мм/дд/гггг.


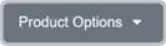


5) Выбор спутников.

Во вкладке **Data Sets** в разделе **Landsat** выбираем **Landsat Collection 2 Level-2**. После нажатия **Results** получаем две сцены:

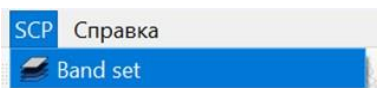



Результаты поиска снимков (сцен)

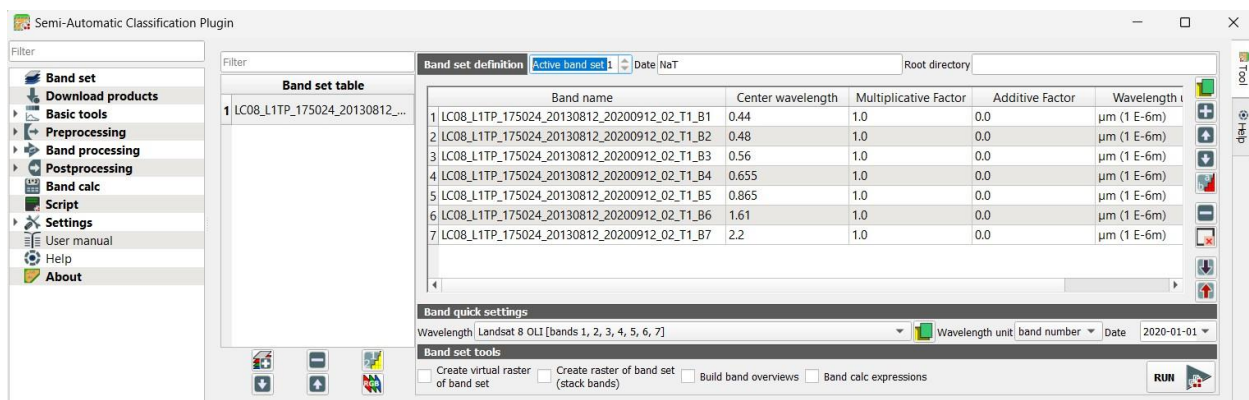
Нажимаем «загрузка»  , затем  , в открывшемся окне выбираем 7 файлов, названия которых оканчиваются на *_B1–*_B7 (Band1-7, каналы, используемые в различных сочетаниях для цветового синтеза многоканальных изображений). Сохраняем их в отдельную папку.

Те же действия (п. 2-5) проделываем для создания мультиспектрального изображения на другую дату (20230831).


6) Далее необходимо добавить изображения по отдельным каналам *_B1 - *_B7 в **QGIS**, используя Semi-Automatic Classification Plugin. Для объединения каналов создаем *Набор каналов 1 (Band set1)*.

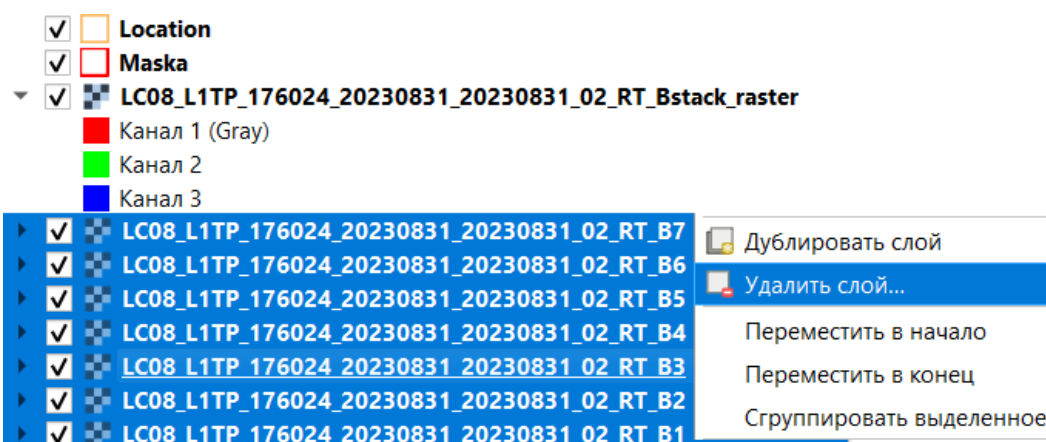




. Добавляем  необходимые изображения, выбираем спутник *Landsat 8 OLI*. Последнее дает возможность использовать фактические длины волн для центров каналов в колонке таблицы Center wavelength:



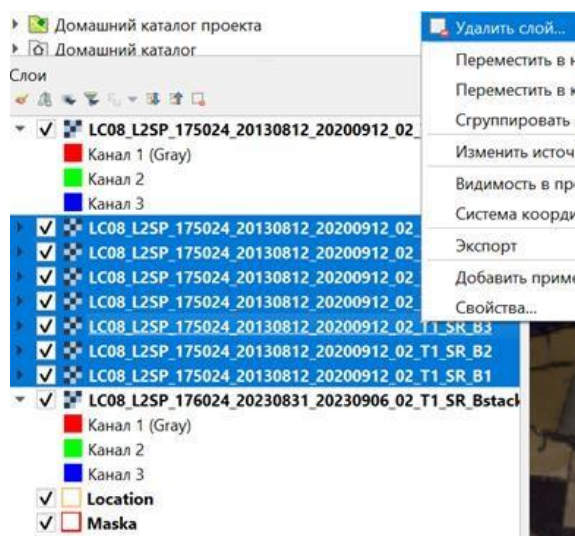
Окно модуля SCP – Band set

После нажатия на  в заданной папке формируется мультиспектральное изображение. После этого, исходные слои с изображениями в виде отдельных каналов можно удалить из проекта:

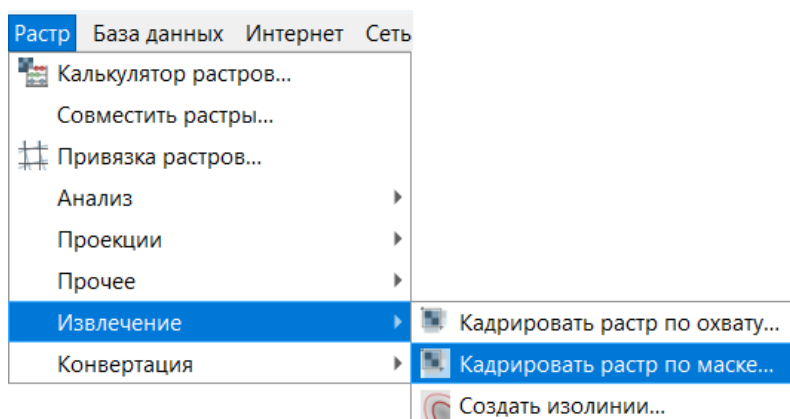


7) Изображения из второй папки нужно обработать аналогичным образом. Создать *Band set 2*  , и открыть  для него соответствующие файлы.

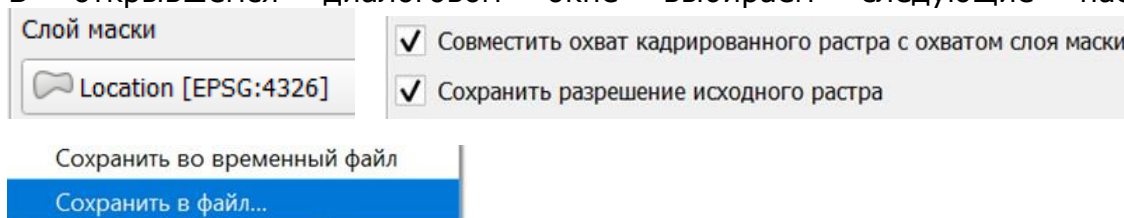
По завершению обработки в слоях проекта появляется еще одно мультиспектральное изображение, после чего так же удаляем исходные семь отдельных каналов.



8) Далее, с целью уменьшения размера файлов, необходимо произвести обрезку указанных многоканальных изображений стандартными средствами QGIS по полигональному контуру. На первом этапе обрезки используем прямоугольный контур участка работ – полигональный слой Location.shp.

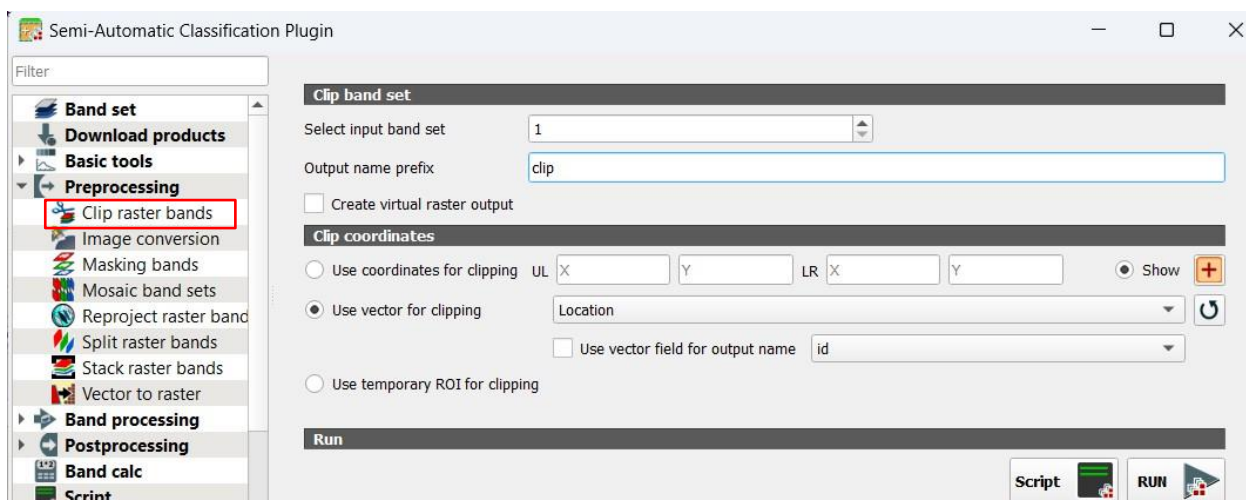


В открывшемся диалоговом окне выбираем следующие настройки:



Задаем имена и местоположение для выходных файлов, нажимаем **Выполнить**. В результате последовательно формируются изображения на разные даты, обрезанные в пределах заданной прямоугольной маски.

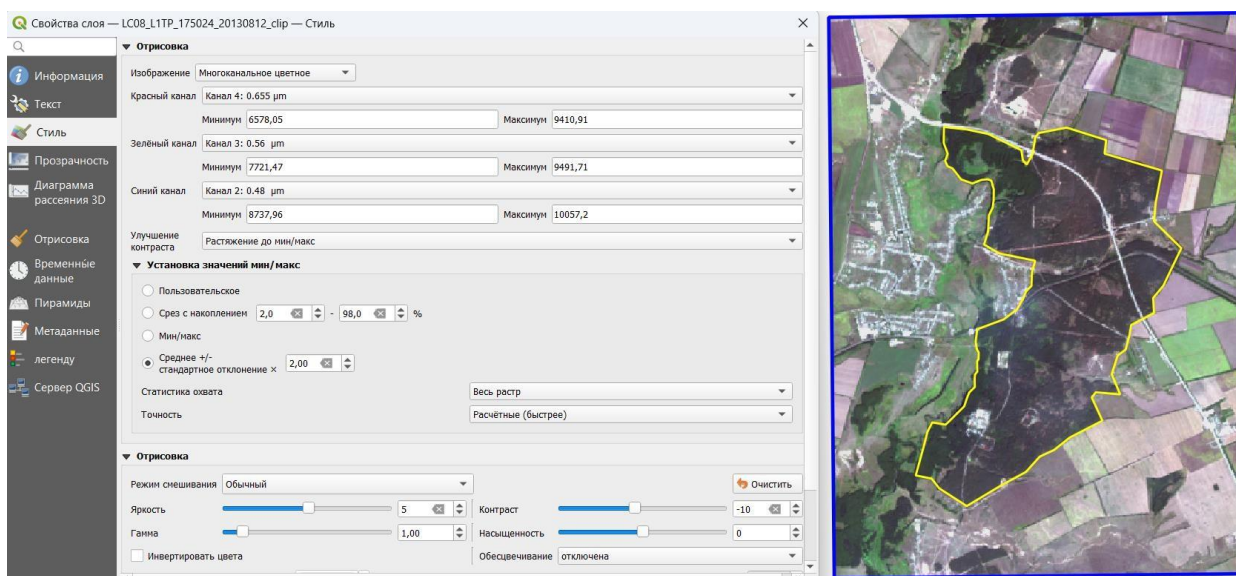
Альтернативно, обрезка растра может быть выполнена средствами **Semi-Automatic Classification Plugin**. Для этого необходимо обновить *Набор каналов*, задав в качестве входных данных (*Band set1*) многоканальный космоснимок, задать префикс имени создаваемого файла, векторный контур обрезки (*clip*) и выходной каталог:



Окно модуля SCP – Clip raster bands

9) Настройка комбинации каналов. Предлагается использовать стандартную комбинацию каналов «естественные цвета»: (4, 3, 2), широко применяемую для анализа состояния растительного покрова. При данной комбинации каналов однородная здоровая растительность выглядит зеленой. Хвойные леса будут выглядеть более темными или даже коричневыми по сравнению с лиственными. Более светлые оттенки характеризуют травянистую или редколесья/кустарниковую растительность (интерпретация комбинаций каналов данных Landsat TM / ETM+ URL: <https://gis-lab.info/qa/landsat-bandcomb.html>).

Для настройки отображения раstra переходим, с помощью двойного щелчка мыши на его названии, на *Свойства слоя* —> *Стиль*. Выбираем базовые каналы и необходимые параметры: Режим улучшения контраста: растяжение до мин/макс; Среднее +/- стандартное отклонение x: 2,00. Дополнительно можно настроить Яркость и Контраст, применяя выбранные настройки и контролируя изменения визуально **Применить**. После завершения настроек **ОК**:



Окно QGIS – Свойства слоя - Стиль

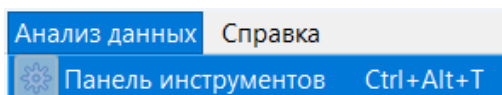
Используя инструмент **MapSwipe Tool** можно визуально оценить изменения по разновременным снимкам. После выбора инструмента, перемещая курсор с нажатой правой кнопкой мыши, слева-направо или сверху-вниз можно управлять областью видимости вышележащего слоя (частично открывать/закрывать), в т.ч. и векторного.



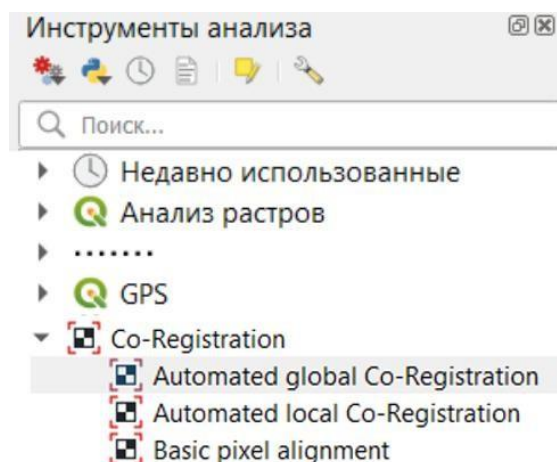
Использование инструмента MapSwipe Tool

10) Следующим шагом является *Корегистрация* – процедура взаимного точного выравнивания изображений. Данная процедура необходима для исключения влияния возможных несоответствий взаимных положений сравниваемых изображений при оценке временных изменений.

Для ее выполнения в пункте меню **Анализ данных** переходим на **Панель инструментов —> Инструменты анализа —> Co-Registration**:



Предлагается три вида
корегистрации изображений:



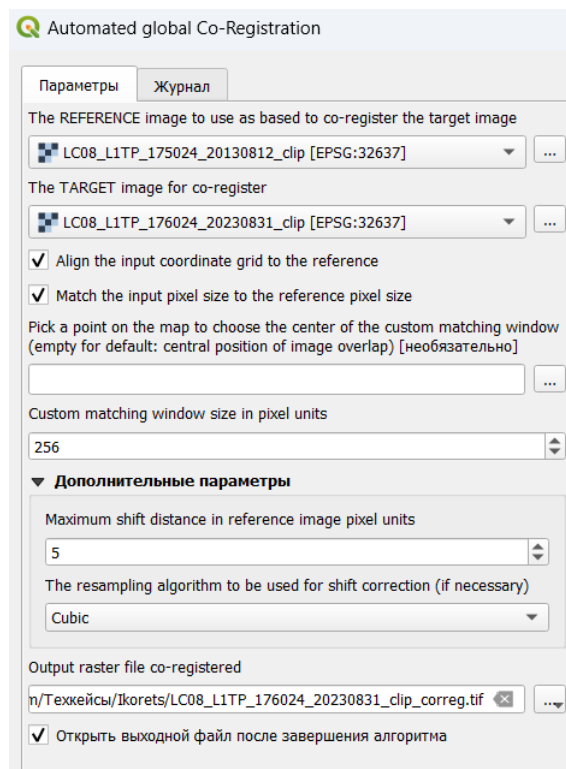
- *Automated global Co-Registration* используется, когда необходим единый сдвиг для всего изображения по X/Y (одинаковый во всех участках изображения) с автоматическим устранением влияния облачности;
- *Automated local Co-Registration*: данный локальный алгоритм полезен, когда целевое изображение требует для разных участков снимков различных сдвигов пикселей по расстояниям и направлениям. Локальный алгоритм значительно более всесторонний и медленный, чем глобальный, поэтому, в зависимости от производительности компьютера, можно получить отказ в выполнении данного алгоритма. Так же производится автоматическое устранение влияния облачности.
- *Basic pixel alignment*: данный алгоритм создает новое растровое изображение на целевом (Target) изображении без пересчета пиксельных значений исходного (Reference) изображения на основе определения ближайших положений. Осуществляется контроль протяженности границ, при

необходимости, перепроецирование и изменение разрешения целевого изображения.

В практической корегистрации чаще используются два первых алгоритма. Первый применим для локальных участков незначительных размеров, второй – для более крупных, региональных областей.

В диалоговом окне выбираем растр REFERENCE - на более раннюю дату, относительно которого будет производиться выравнивание. В строке TARGET выбираем целевое изображение, положение которого будет откорректировано относительно исходного (Reference). В процессе выполнения может быть сформирован временный или виртуальный растр, создано новое изображение или перезаписано изображение Target (Output raster file co-registered). Система координат и разрешение растра могут быть определены по Reference-изображению.

Ввиду небольших размеров рассматриваемого лесного массива (~10х3 км) в данном случае применяется процедура глобальной корегистрации.



Окно модуля Automated global Co-Registration

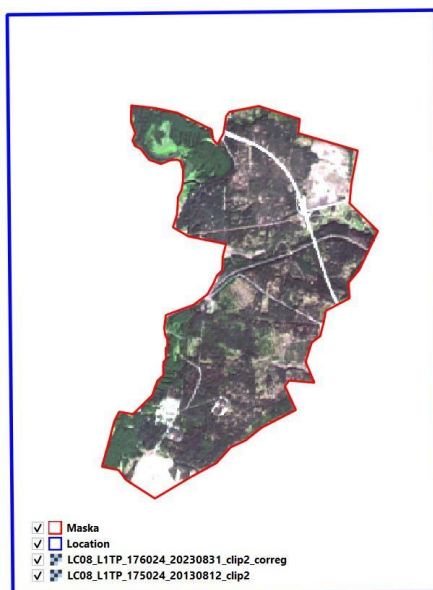
Необходимо отметить, что процесс корегистрации выполняется до обрезки изображения по маске анализа временных изменений. В данном случае, корегистрация выполняется по изображению, обрезанному по прямоугольной маске, т.к. вокруг целевого лесного массива достаточно много объектов с линейными контурами – поля, дороги, что позволяет улучшить взаимное выравнивание изображений.

Оценить результат корегистрации можно используя инструмент **MapSwipe Tool**. Часто масштаб изменений после корегистрации может быть не значительным, особенно для объектов небольших размеров, и трудно поддающимся визуальной оценке.

Используя один из способов обрезки (кадрирование растра средствами QGIS или с использованием плагина SCP), выполнить обрезку изображений, прошедших процедуру корегистрации, по маске анализа – полигональному контуру Maska.shp. Данный контур соответствует границе анализируемого лесного массива. Это делается с целью локализации области для обнаружения изменений – исключения информационного шума за пределами рассматриваемого объекта.

Контур маски может быть построен вручную и должен соответствовать максимальной площади изучаемого объекта в рассматриваемом временном диапазоне. В общем виде, чтобы учесть разнонаправленные изменения (уменьшение/увеличение) площади лесного массива, можно построить два

контура лесного массива на оба временных среза. Далее средствами QGIS | геообработка векторных объектов построить общий внешний контур методом объединения исходных полигонов.

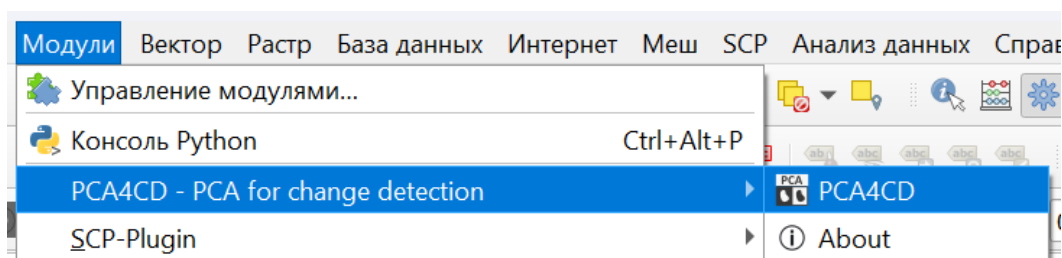


11) Оценка временных изменений с помощью Метода главных компонент (МГК). Метод главных компонент (PCA - Principal component analysis) — это разновидность метода факторного анализа, который используется для выделения главных *обобщенных* факторов из большого количества исходных переменных/признаков. В данном кейсе в качестве исходных переменных выступают пиксельные спектральные значения по отдельным каналам изображений. Анализируя в качестве исходных данных два семиканальных изображения, исходное признаковое пространство представлено четырнадцатью переменными. Для всех пиксельных точек координатного пространства, на основе ковариационной матрицы, оценивается изменение состояний между спектральными значениями на разные даты съемки. На основе оценки их совместных изменений формируются новые обобщенные показатели с наименьшей потерей полезной информации, называемые главными компонентами (факторами).

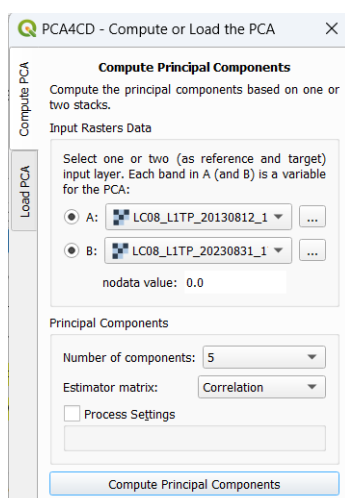
Применение технологии МГК позволяет сократить размерность исходного признакового пространства и перейти с минимальной потерей полезной информации к меньшему числу обобщенных или укрупненных показателей. Значимость каждой главной компоненты можно оценить на основе её собственного значения и доли, заключенной в ней общей дисперсии исходных данных.

На выходе анализа по МГК имеем графические поля (растровые изображения) для заданного числа главных компонент в экстенде анализируемой маски. ГК имеют отрицательный и положительный диапазоны значений, т.к. в основе анализа лежит ковариационная оценка исходных данных. Так как мы определяем области временных изменений, необходимо обращать внимание на области отрицательных значений ГК, как области в различной степени несовпадения разновременных показателей. Области положительных значений ГК соответствуют сохранению или незначительным изменениям состояния.

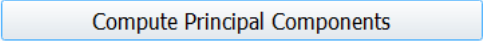
Запускаем модуль **PCA4CD - PCA for change detection**  :

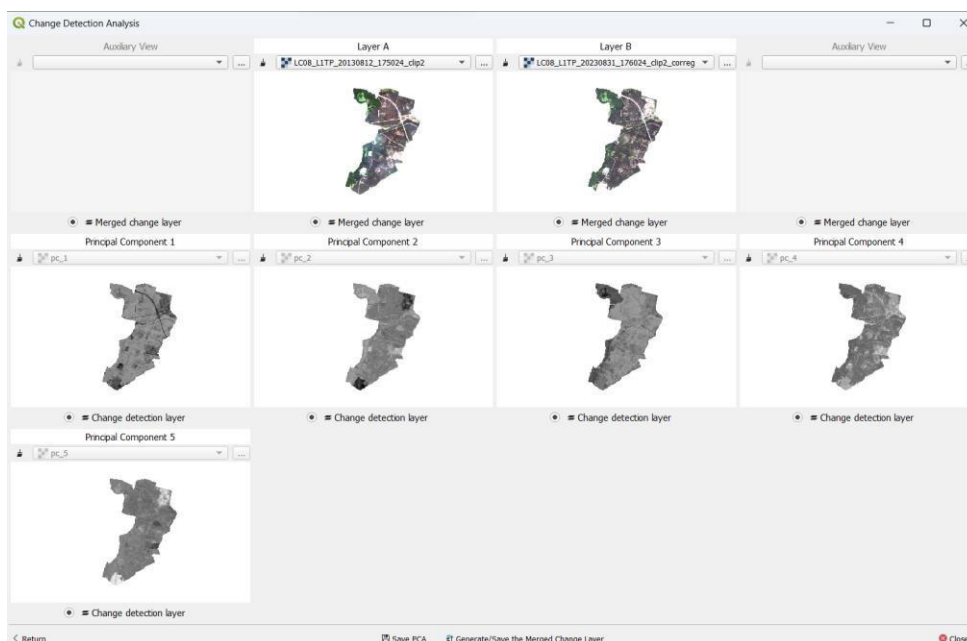


В диалоговом окне необходимо определить изображения *Reference* (на более раннюю дату) и *Target* (на более позднюю дату). Число главных компонент (Number of components) по умолчанию определяется как сумма каналов исходных изображений. Однако, в большинстве случаев бывает достаточно 5-6-ти ГК. Это можно определить в последующем по их суммарной дисперсии.




Окно модуля PCA4CD - PCA for change detection

После нажатия кнопки рассчитать ГК:  открывается следующая форма, где верхние окна *Layer A* и *Layer B* это исходные снимки, а также присутствуют 5 окон главных компонент. По умолчанию они отображаются в серой шкале.



Окно модуля PCA4CD - Change Detection Analysis


Все окна географически связаны между собой – масштабирование (вращение колеса мыши) и перемещение изображения в одном из окон приводит к аналогичным изменениям обзора во всех остальных. Кнопка **Change detection layer**  **Change detection layer** позволяет открыть окно выбранной ГК.

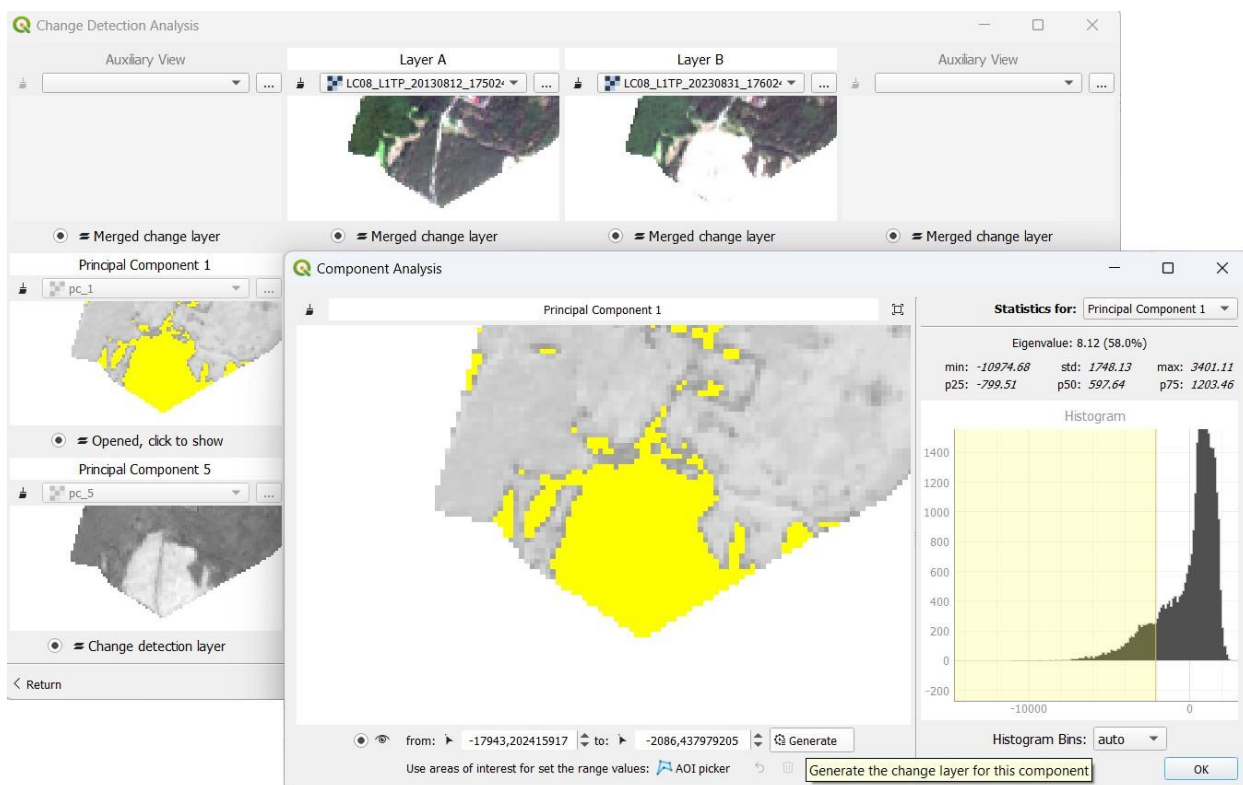
Рассмотрим окно анализа ГК-1. Справа находится гистограмма изображения с некоторыми описательными статистиками: минимум, максимум, стандартное отклонение, значения по квартилям 25, 50 и 75%. Также для данной компоненты приведены ее собственное значение (Eigenvalue) – 8,12 и вклад в общую дисперсию – 58,0%.





Окно модуля PCA4CD - Component Analysis

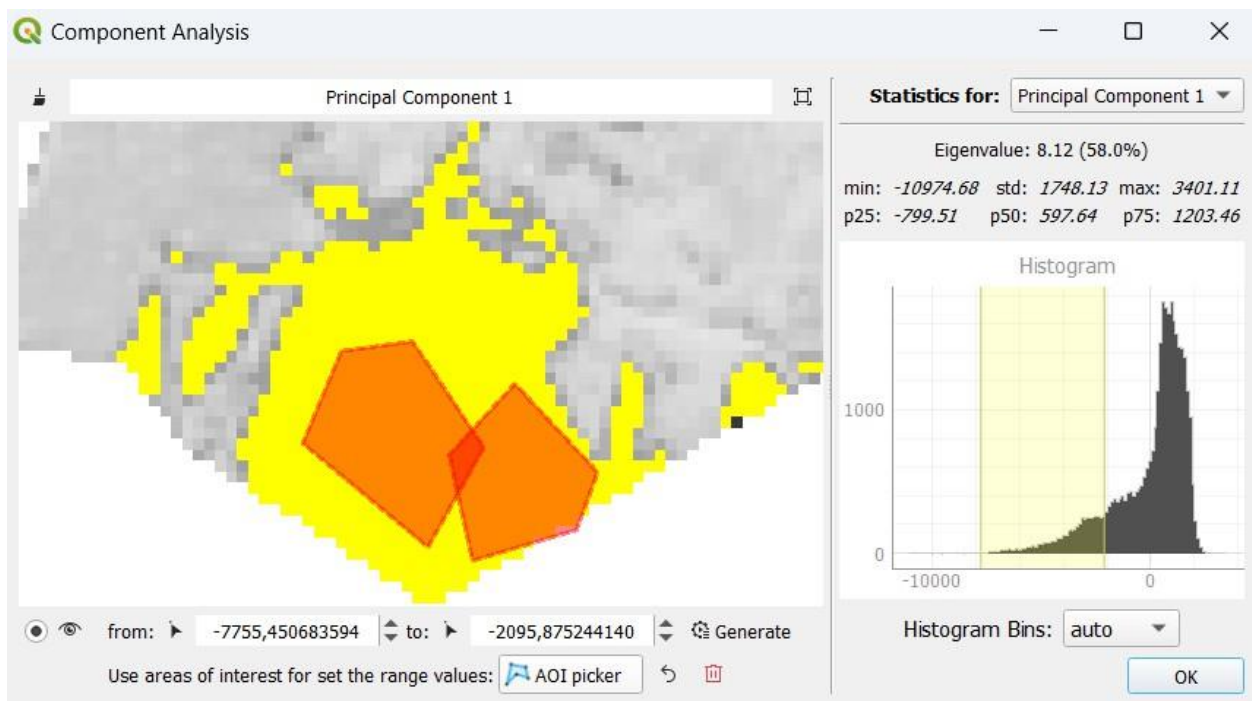
Стоит отметить, что дисперсия ГК-2 составляет 18,57%, ГК-3 – 16,26%, ГК-4 – 4,32%, ГК-5 – 1,09%. Таким образом, суммарная дисперсия, описываемая первыми пятью главными компонентами, составляет 98,24%. При этом, ГК-4 и ГК-5 имеют малые дисперсии и могут не рассматриваться.

Выделение области интереса. Оценка изменений выполняется через отдельное окно выбранной компоненты. Переместитесь к той области снимка, для которой вы имеете явные временные изменения, чтобы использовать ее в качестве эталонного участка. Это можно сделать на основе исходных изображений А и В. Положительные значения на гистограмме связаны с признаками, учитываемыми в данной ГК, которые изменяются однонаправленно, а чем больше величина отрицательных значений, тем более различия между сравниваемыми изображениями. Нас интересует отрицательная область значений данной гистограммы. При открытии окна Component Analysis в области гистограммы на значении 0 находится вертикальная желтая линия. Мышкой переместите ее на гистограмме в область отрицательных значений и расширьте область выделения в виде полупрозрачной желтой полосы. Часто необходимые области изменений связаны со ступенями и перегибами в форме гистограммы. Границы выделения в виде цифровых значений, появятся в левой части окна, ниже изображения ГК. При нажатии кнопки  **Generate** на изображении ГК будет выделена область, соответствующая данному диапазону значений.




Окно модуля PCA4CD - Change Detection Analysis

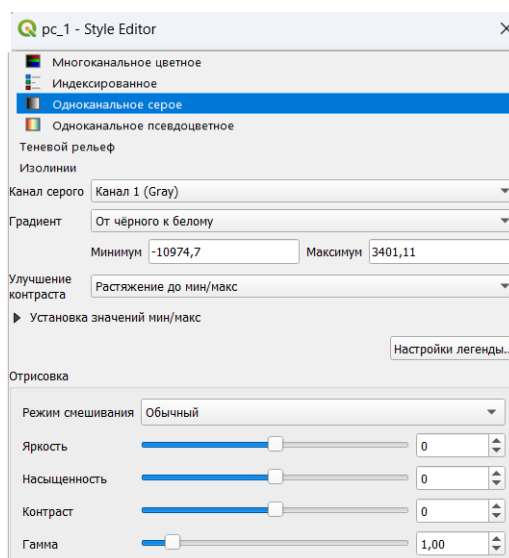
Альтернативно область выделения можно создать с помощью инструмента  AOI picker (AOI – Area Of Interest | Выбор области интереса). Это инструмент создания одного или нескольких полигональных объектов, на основе которых создается эталон и выделяются соответствующие ему области в пределах всего анализируемого снимка. Правой кнопкой завершается создание полигонального объекта. Таких полигонов может быть создано несколько с объединенными для них числовыми характеристиками (сигнатурами). Кнопка  позволяет удалить созданные полигоны и соответствующее им выделение.





Окно модуля PCA4CD - Component Analysis

Выделение области интереса может быть многократно перестроено, обновлено и создано на изображениях других главных компонент для достижения наиболее приемлемого в вашем представлении результата. С этой точки зрения, данная часть работы имеет многовариантный экспертный характер. Результат выделения можно временно отключать (👁) с целью оценки совпадения границ созданного выделения и фактически измененной области.

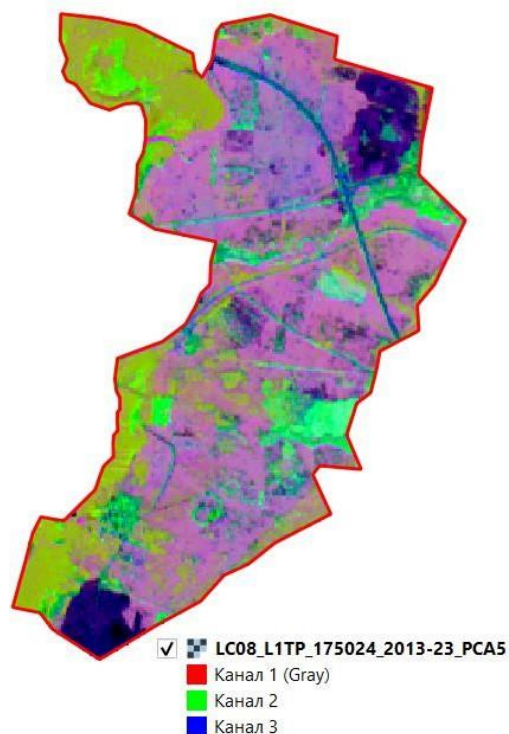
Через кнопку  расположенную рядом с именем ГК, можно произвести настройку представления данной ГК в виде: индексированного (тематического) растра, одноканального псевдоцветного растра, теневого рельефа или в виде изолиний с сопутствующими настройками. Цветовая настройка важна для исходных, сравниваемых растров (окна Layer A и Layer B).




После завершения построения устраивающей нас области нажимаем . Для сохранения выделенной области имеются следующие варианты:

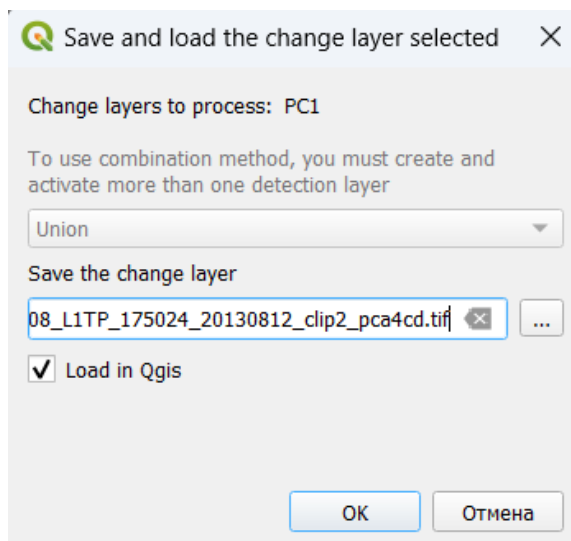
 **Save PCA**

– сохранение результатов PCA-анализа в виде многоканального (по числу рассчитанных компонент) растра. На рисунке представлено синтезированное изображение из первых трех главных компонент, представляющих 92,83% общей дисперсии. Темно-фиолетовым цветом представлены участки, полностью лишившиеся лесного покрова. В остальных участках по степени фиолетового оттенка можно судить об степени изменения густоты лесного массива. Различные зеленые оттенки цветов соответствуют сохранению характеристик территории – лесного массива или открытых пространств.

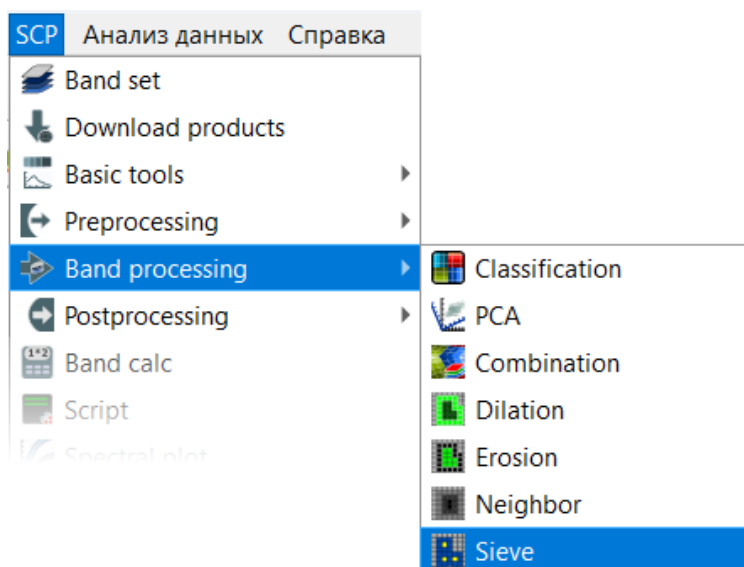


 Generate/Save the Merged Change Layer

– сохранение выделения по отдельной компоненте в виде отдельного растра. При этом определяется имя создаваемого растра, который сразу может быть загружен в QGIS.




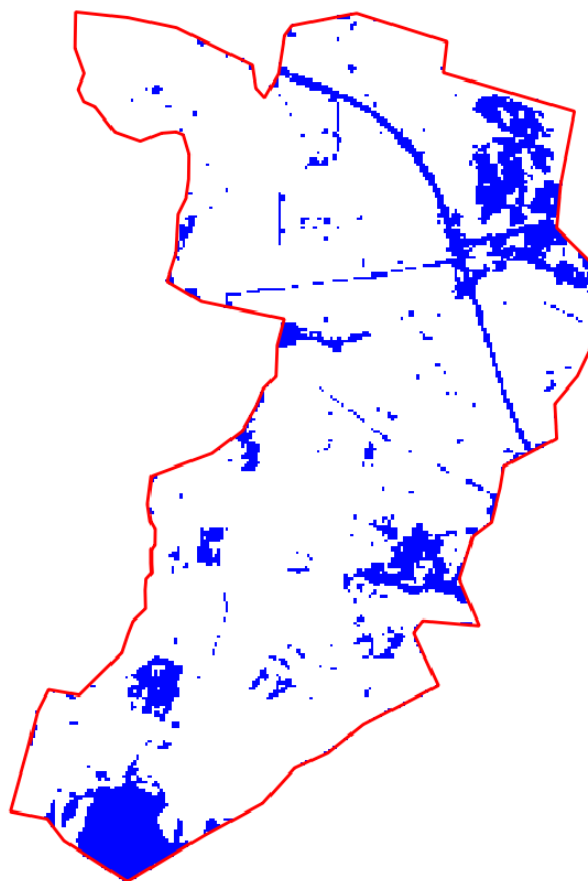
12) Полученное изображение требует упрощения или генерализации за счет присутствия некоторого количества изолированных областей, представленных небольшим количеством (1-3) пикселей, и таких же окон в однородных областях. В процессе обработки происходит поглощение (изменение значений) смежных одиночных пикселей за счет присвоения им значений пикселей из окружающего их пространства. В качестве исходного изображения для обработки инструментом **Sieve** должен быть использован индексированный (тематический) растр (8-bit). Растры с большей глубиной цвета не доступны для обработки инструментом Sieve. Для запуска процесса необходимо предварительно подготовить соответствующий набор данных – Band set. **Semi-Automatic Classification Plugin** → **Band processing** → **Sieve**:



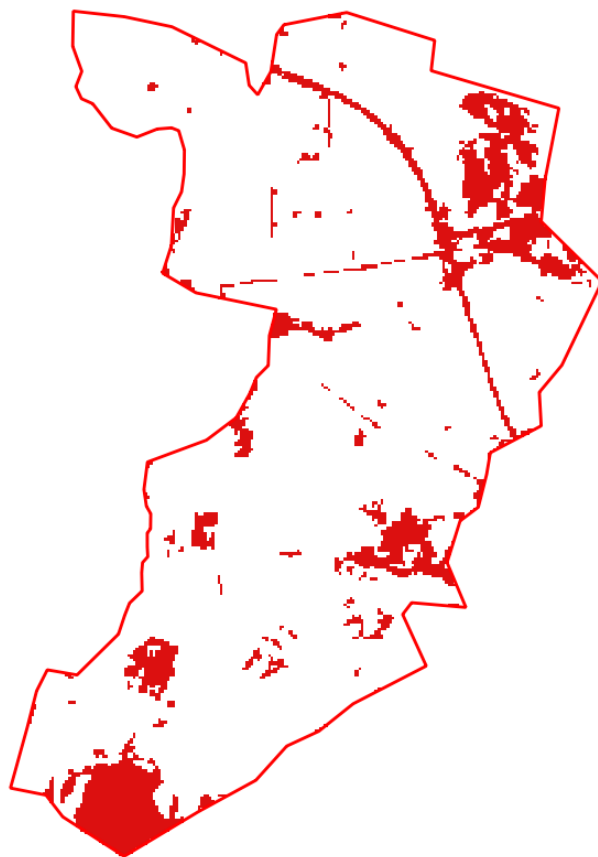
В окне формы процесса **Sieve** задаются: номер подготовленного набора данных (Band set), выбранное пороговое значение – количество пикселей для изолированной группы (Size threshold), число пикселей, оцениваемых при обработке - 4 (только боковые) или 8 (боковые и угловые), префикс имени для формируемого файла (Output name):



После запуска , созданный файл открывается в QGIS. Данная операция может быть произведена последовательно несколько раз, но необходимо следить чтобы не были полностью поглощены окружающими пикселями наиболее мелкие важные, с точки зрения оценки изменений, объекты.

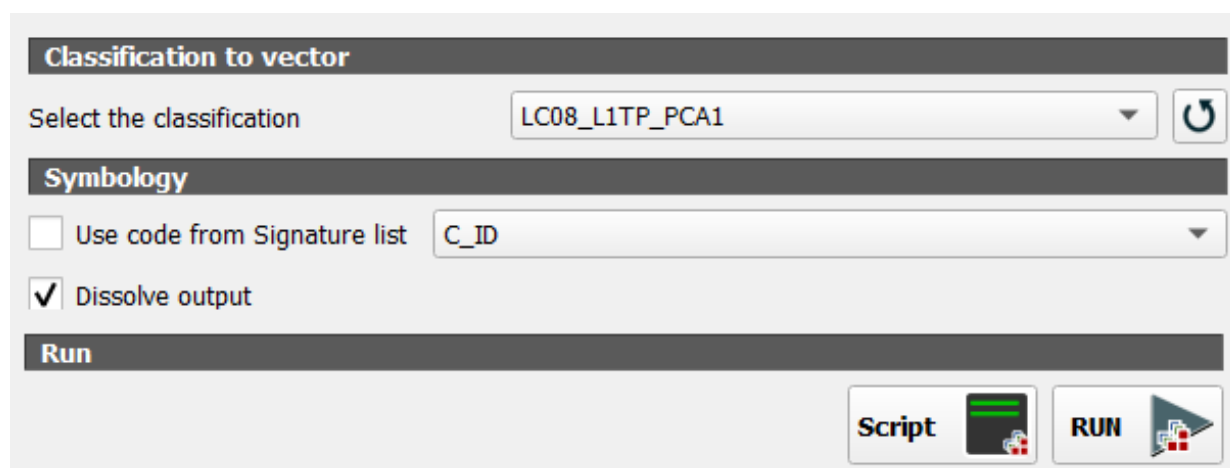
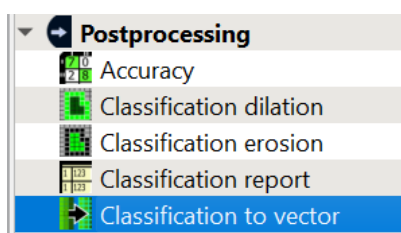



Поле 1-й ГК до обработки Sieve

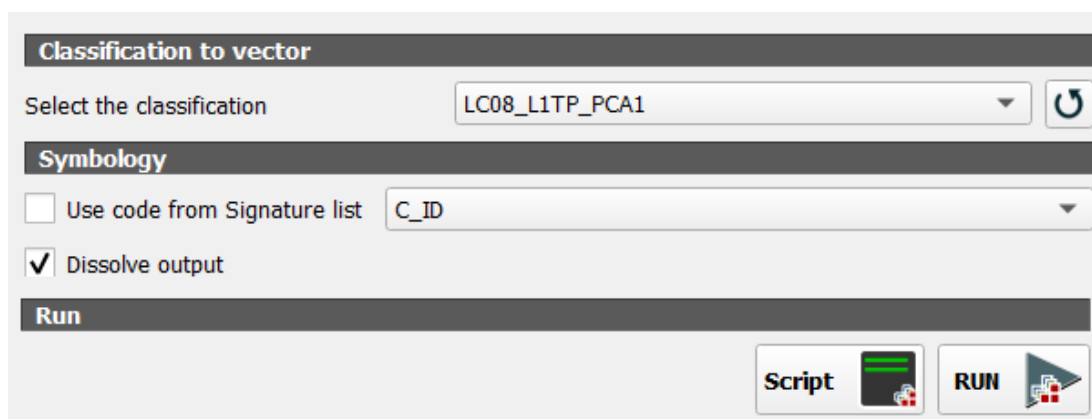


Поле 1-й ГК после обработки Sieve

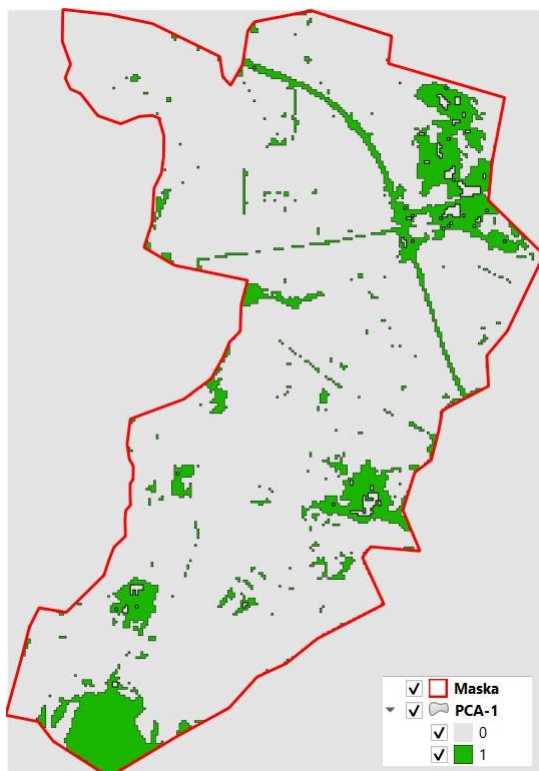
13) *Преобразование результата оценки в векторный объект.* Может быть выполнено при помощи модуля **Semi-Automatic Classification Plugin**:



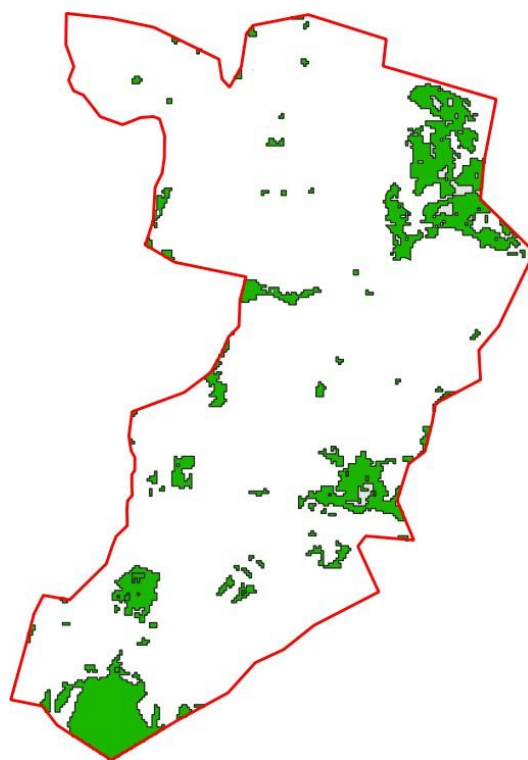
Кнопка  позволяет перечитать изображения, которые открыты в проекте. Необходимо отметить, что в данном случае принимаются во внимание только тематические растры с индексированными цветами – результаты классификации (с возможностью использования сигнатур в качестве атрибутов полигонов Use code from Signature list) или бинарные растры. Выбираем генерализованное инструментом **Sieve** изображение. Флаг Dissolve output в форме определяет индивидуализацию (разгруппировку) полигональных объектов, а отсутствие флага – создание единого мультиполигона:



После задания имени выходного файла и нажатия **RUN** получаем полигональное покрытие.



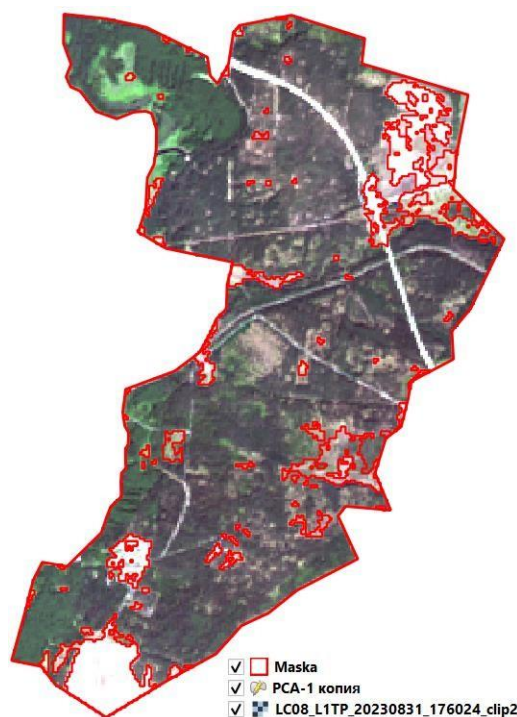
Полигональное покрытие по результатам классификации в экстенде слоя маски. В наборе полигонов также присутствует внешний фоновый объект. На рисунке – серого цвета



Упрощение полигональных объектов – удаление фоновго объекта, объектов незначительных размеров и полигонов, соответствующих линейным формам – дорогам и просекам.

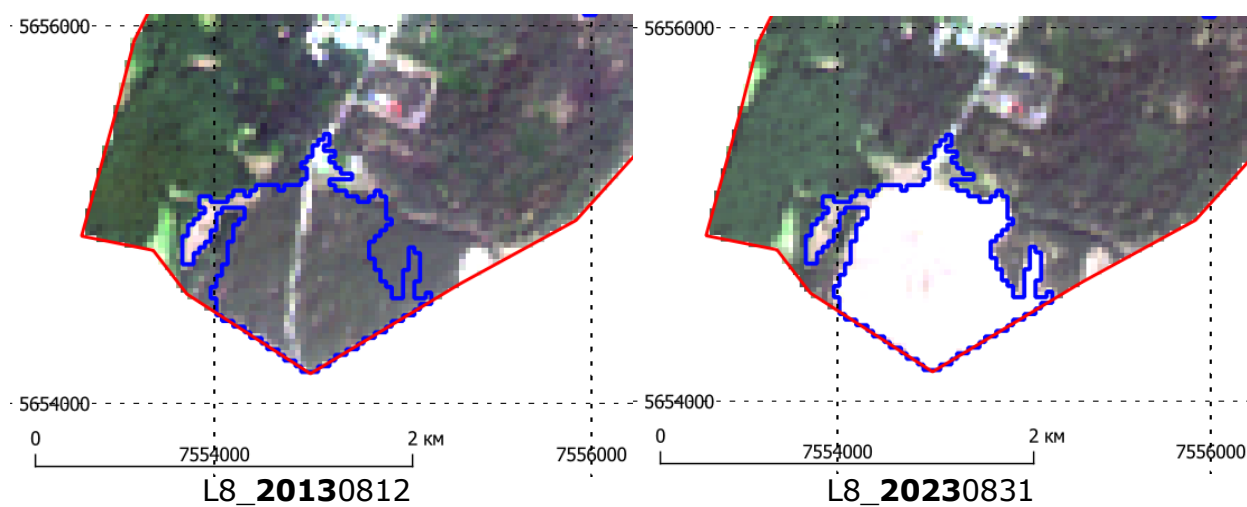


Снимок L8_20130812



Снимок L8_202230831 с наложенными контурами измененных областей

Общий вид изменений лесного массива во временном диапазоне 2013-23 г.г.



Увеличенный фрагмент. Пример выделения контура изменения состояния лесного покрова (преимущественно потери) в южной части лесного массива.

Рекомендации к выполнению кейса

В качестве пары сравниваемых космоснимков, при использовании предлагаемого метода оценки изменений, необходимо использовать изображения, выполненные одной спутниковой системой. Это связано с различными спектральным и радиометрическим разрешениями для различных детекторов (наборами и длинами регистрируемых каналов, глубиной цвета).

Визуально, на экране монитора мы можем оценить изменения объектов по синтезу только трех одинаковых выбранных каналов для пары разновременных снимков. При использовании метода Главных компонент (РСА) производится статистическая оценка одновременно для всех, в данном случае – семи каналов по каждому из изображений, что дает более полный, содержательный и беспристрастный результат чем визуальная оценка.

При оценке изменений надо учитывать, что отрицательные значения в поле ГК могут быть связаны не только с исчезновением или деградацией, например, прореживанием лесного массива, но и, в равной степени, с залесением ранее открытых территорий. В этом смысле любые разнонаправленные изменения в структуре территории приводят к отрицательным значениям в поле ГК, а сохранение специфики территории выражается в диапазоне положительных значений ГК. Абсолютные величины положительных значений в поле ГК можно рассматривать как степень подобия территории.

Предлагаемый метод оценки изменений не дает доступа к структуре главных компонент по составу и весам слагающих их переменных (спектральных каналов). Однако, используя плагин **PCA for change detection** мы имеем поля и гистограммы ГК как основной источник для построения контуров изменений, а также некоторые их статистические характеристики, позволяющие ранжировать ГК по степени значимости.

Для оценки используйте ГК первых номеров (1-3) со значениями дисперсий более 5. Формально можно рассчитать количество ГК как суммарное число каналов сравниваемых изображений. Однако поля ГК с небольшими дисперсиями будут содержать в своей структуре спектральные каналы с незначительным вкладом в общую дисперсию (первые проценты) и представлять собой «информационный шум».

Оценивайте суммарную дисперсию полученных первых ГК. Суммарные значения дисперсии более 70-80 говорят о том, что эти ГК представляют значительную часть общей дисперсии исходных данных.

Для работы необходимы навыки работы с векторными объектами и их атрибутами в **QGIS**.

Геометрия векторных полигональных объектов (площадь, периметр), построенных в результате интерпретации временных изменений, может быть рассчитана для них в **QGIS** через **Калькулятор** полей как табличный атрибут.

Для оценки временных изменений по нескольким разновременным снимкам, необходимо проводить их последовательное попарное сравнение от более ранних к современным: 1-2, 2-3, 3-4 и т.д.. В этом случае можно оценить динамику изменения состояний во времени – скорость изменения площади рассматриваемого объекта.